

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Баранов А.П., Иванова С.В.

*УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов
медицинский университет»*

Достижения современной медицины в значительной степени определяются успехами физики, математики, техники, приборостроения. Природа многих заболеваний, методы лечения, механизм выздоровливания, действие лекарственных препаратов во многих случаях имеют биофизическое объяснение. В связи с этим студенты медицинского вуза уже не первом курсе получают физико-техническую и математическую подготовку, изучая курс «Медицинской и биологической физики», основой которого является разделы физики, призванные решать медико-биологические задачи.

Не смотря на сложность и взаимосвязь различных процессов, протекающих в организме человека, среди них можно выделить процессы и явления, близкие к физическим, и, используя математический аппарат дать им количественное и качественное объяснение, повысив тем самым доказательность в медицине. Во всех этих вопросах физика тесно связана с биологией и формирует самостоятельную науку-биофизику. Прикладная биофизика для медицины имеет большое практическое значение, так как охватывает широкий круг вопросов, связанных с физическими явлениями, лежащими в основе строения и функционирования ряда органов и систем организма. Сюда же относятся органы зрения, слуха, вопросы строения и механических свойств опорно-двигательного аппарата, гидродинамика кровообращения, энергетический баланс и терморегуляция, биоэлектрические явления.

Так, например, изучение опорно-двигательного аппарата человека основывается на представлении некоторых сочленений как системы рычагов силы и скорости, соединённых между собой шарнирами, к которым в определённых точках прикреплены способные укорачиваться эластичные тяги. Условие равновесия рычагов силы позволяет объяснить на примере черепа человека и свода стопы при подъеме на полупальцы, почему сила, действующая со стороны мышц и связок, может быть меньше силы преодолеваемого сопротивления. Действие рычагов скорости, можно показать на примере костей предплечья или челюсти.

Учитывая, что кости скелета соединены между собой в суставы, можно показать, используя физическое понятие «степень свободы», все возможные направления движения системы, состоящей из двух звеньев, в которой при одном неподвижном звене второе звено имеет одну степень свободы, например, плечелоктевое, надплечное, фаланговое соединения. Система из трех звеньев, имеющая одно направление осей, характеризуется двумя степенями свободы, например, лучезапястный сустав, в котором осуществляется сгибание и разгибание, приведение и отведение кисти. Три степени свободы у соединений в тазобедренном и лопаточноплечевом суставах, шесть степеней свободы имеет череп, наличие которых согласно законам механики исчерпывают все возможные перемещения тела в пространстве.

Действие механических колебаний (внешняя вибрация, звуковые волны, инфразвук) на организм человека можно объяснить на основе резонансных явлений, возникающих в органах и тканях при совпадении их собственной частоты с частотой вынуждающих колебаний и сопровождающихся относительно большой амплитудой. Следует отметить, что степень нарастания амплитуды зависит от коэффициента затухания, который для внутренних органов достаточно велик и этим можно объяснить отсутствие их повреждений. Тем не менее резонансные явления наблюдаются в биологических системах. Собственная частота тела человека в положении лежа – (3-4 Гц); стоя – (5-12 Гц); грудной клетки – (5-8 Гц); брюшной полости – (3-4 Гц); головы – (8-27 Гц). Указанные частоты лежат в интервале инфразвук (ИЗ), вызывающего целый ряд неприятных ощущений при воздействии его на организм. Биологическая активность ИЗ определяется прежде всего совпадением его частоты с частотой альфа ритма головного мозга.

Гемодинамические процессы невозможно объяснить без использования общих законов течения жидкости, изучаемых в классической физике, так как только количественные закономерности дают глубокое понимание гемодинамических явлений в норме и патологии.

Используя условия неразрывности струи, можно объяснить зависимость между скоростью ламинарного течения и площадью поперечного сечения, что выполняется в реальной гемодинамике, для которой это условие формулируется следующим образом: в любом сечении сердечно-сосудистой системы объемная скорость кровотока одинакова. Под площадью сосудистой системы понимают суммарную площадь кровеносных сосудов одного уровня ветвления. Это позволяет объяснить снижение скорости в кровеносной системе с 0,5 м/с в аорте, до 0,3 – 0,5 мм/с в капиллярах.

Уравнение Бернулли позволяет ввести понятия: статического, динамического давления, дает возможность установить связь между площадью сечения кровеносного сосуда и статическим давлением, что позволяет объяснить некоторые нарушения гемодинамических показателей сосудистой системы. Например, показать, что уменьшение поперечного сечения артерий при отложении на ее стенках атеросклеротической бляшки приводит к уменьшению статического давления. Под действием атмосферного давления диаметр сосуда становится меньше определенного минимального значения и только в результате работы сердца с повышенной нагрузкой кровь будет протекать по сосуду, создавая артериальный шум, свидетельствующий о переходе ламинарного течения в турбулентное. Рассматривая кровь как неньютоновскую жидкость следует отметить, что 93 % форменных элементов представлены эритроцитами, способными образовывать агрегаты, условия образования которых в крупных и мелких сосудах связаны с диаметром сосуда, агрегата и эритроцита. Это служит доказательством того, что вязкость крови является неодинаковой вдоль кровеносного русла.

Для объяснения распределения давления в различных участках сосудистого русла используется формула Пуазейля и вводится понятие гидравлического сопротивления, зависящего от вязкости крови и обратно пропорционального радиусу сосуда в четвертой степени. Это позволяет объяснить, почему наибольшее падение давления наблюдается в артериях и капиллярах. Представляя гидравлическое сопротивление аналогичным сопротивлению в электрических цепях, можно по формулам общего сопротивления для последовательного и параллельного соединения резисторов определить гидравлическое сопротивление отдельных участков сосудистой системы.

Прибегая к физическому и математическому моделированию, позволяющему упростить процесс или явление и выявить в нем основные черты, можно изучить изменение гемодинамических показателей системы кровообращения. Например, модель упругого резервуара Франка позволяет, несмотря на достаточную простоту, получить зависимости давления и объемной скорости после систолы, представляющие собой экспоненты, верно описывающие реальные процессы.

Таким образом, на примере анализа только некоторых разделов курса медицинской и биологической физики можно сделать вывод о той роли, которую приобретают физико-математические методы в современной медицине.